

OPTICAL SPATIAL SWITCH

Publication number: JP8036195

Publication date: 1996-02-06

Inventor: KOGA MASABUMI; OKAMOTO SATOSHI; WATANABE ATSUSHI; OKUNO MASAYUKI

Applicant: NIPPON TELEGRAPH & TELEPHONE

Classification:

- international: G02B6/12; G02F1/313; H04B10/02; H04Q3/52;
G02B6/12; G02F1/29; H04B10/02; H04Q3/52; (IPC1-7):
G02F1/313; G02B6/12; H04B10/02; H04Q3/52

- european:

Application number: JP19940172859 19940725

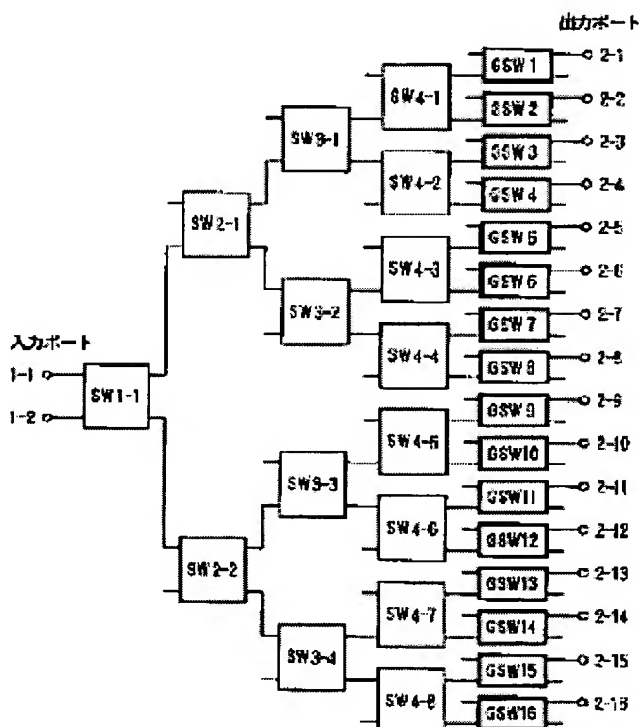
Priority number(s): JP19940172859 19940725

Report a data error here

Abstract of JP8036195

PURPOSE: To reduce the crosstalk of the whole switch with small power consumption by utilizing characteristics of an asymmetrical MZI switch which has small crosstalk in a driving power OFF state with respect to an optical spatial switch used for an optical signal processing or optical communication system.

CONSTITUTION: In this optical spatial switch which has 2X2 thermo-optical effect optical switches arrayed and performs switching operation according to driving electric power supplied from a driving device to the heaters of the respective thermo-optical effect optical switches, thermo-optical effect optical switches (asymmetrical MZI switch) of asymmetrical Mach-Zehnder interferometer constitution are connected to the output ports of the thermal-optical effect optical switches of the final stage and a cross port where input light is outputted when the driving electric power is supplied is set as an output port.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-36195

(43)公開日 平成8年(1996)2月6日

(51)Int.Cl.⁶

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 2 F 1/313

G 0 2 B 6/12

H 0 4 B 10/02

G 0 2 B 6/12

H

H 0 4 B 9/00

T

審査請求 未請求 請求項の数2 O L (全 8 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平6-172859

(22)出願日 平成6年(1994)7月25日

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72)発明者 古賀 正文

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72)発明者 岡本 聡

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72)発明者 渡辺 篤

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(74)代理人 弁理士 古谷 史旺

最終頁に続く

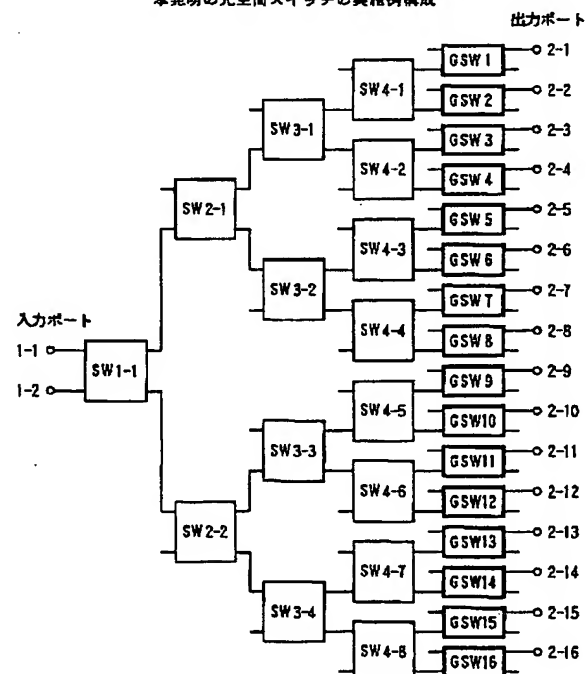
(54)【発明の名称】 光空間スイッチ

(57)【要約】

【目的】 光信号処理や光通信システムに用いられる光空間スイッチに関し、駆動電力オフのときにクロストークが小さい非対称MZIスイッチの特性を活かし、小さな消費電力でスイッチ全体のクロストークを低減する。

【構成】 2×2の熱光学効果光スイッチを複数個配列し、駆動装置から各熱光学効果光スイッチの熱ヒータに供給する駆動電力に応じてスイッチングする光空間スイッチにおいて、最終段の各熱光学効果光スイッチの出力ポートに、それぞれ非対称マッハツェンダ干渉計構成の熱光学効果光スイッチ（非対称MZIスイッチ）を接続し、駆動電力が供給されたときに入力光が出力されるクロスポートを出力ポートとして設定する。

本発明の光空間スイッチの実施例構成



【特許請求の範囲】

【請求項1】 2×2 の熱光学効果光スイッチを複数個配列し、駆動装置から各熱光学効果光スイッチの熱ヒータに供給する駆動電力に応じてスイッチングする光空間スイッチにおいて、

最終段の各熱光学効果光スイッチの出力ポートに、それぞれ非対称マッハツェンダ干渉計構成の熱光学効果光スイッチを接続し、駆動電力が供給されたときに入力光が出力されるクロスポートを出力ポートとして設定することを特徴とする光空間スイッチ。

【請求項2】 請求項1に記載の光空間スイッチにおいて、

駆動装置は、

各熱光学効果光スイッチの駆動電力に応じた基準電圧を発生する基準電圧発生手段と、

前記基準電圧に応じて熱ヒータに定電流を流す定電流回路とを備えたことを特徴とする光空間スイッチ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、光信号処理や光通信システムに用いられる光空間スイッチに関する。

【0002】

【従来の技術】 従来の光空間スイッチの一つに石英系光導波路における熱光学効果を用いたものがある。これは、 2×2 熱光学効果光スイッチを単位スイッチとして石英基板上にマトリックス状に配置し、 $N \times M$ の光空間スイッチを構成するものである。この熱光学効果光スイッチには、対称マッハツェンダ干渉計を用いた構成（以下「対称MZIスイッチ」という）と、非対称マッハツェンダ干渉計を用いた構成（以下「非対称MZIスイッチ」という）がある。この非対称MZIスイッチを用いて 8×8 光空間スイッチを構成した例が論文（R. Nagase, et al., "Silica-Based 8×8 Optical-Matrix Switch Module with Hybrid Integrated Driving Circuits", ECOC'93, MoPl. 2, pp. 17-20, 1993）に示されている。

【0003】 図5は、対称MZIスイッチの基本構成およびスイッチング特性を示す。図において、対称MZIスイッチは、入力ポート41a、41bと、出力ポート42a、42bと、2つの3dBカプラ43、44と、その間に形成された2本の光導波路45a、45bと、光導波路上に蒸着された熱ヒータ46とにより構成される。なお、光導波路45a、45bの導波路長は等しい。入力ポート41a（41b）の入力信号光を出力ポート42aまたは出力ポート42bに出力するスイッチングは、熱ヒータ46に電流を流して熱的に光導波路の屈折率を変化させ、等価的に導波路長を変化させることにより行う。

【0004】 対称MZIスイッチのスイッチング特性は、図5(b)に示すように熱ヒータ46に供給する駆動電力に対して周期性を有している。実線はスルーポート

（入力ポート41aに対して出力ポート42a）への出力を示し、破線はクロスポート（入力ポート41aに対して出力ポート42b）への出力を示す。すなわち、入力ポート41aの入力信号光は、熱ヒータ46に電力を供給しないオフのときにクロスポートとなる出力ポート42bに出力され、電力を供給するオンのときにスルーポートとなる出力ポート42aに出力される。

【0005】 図6は、非対称MZIスイッチの基本構成およびスイッチング特性を示す。図において、非対称MZIスイッチは、対称MZIスイッチと同様の構成であるが、2本の光導波路45a、45bの導波路長が半波長分（ $\lambda/2$ ）だけ異なっている。

【0006】 非対称MZIスイッチのスイッチング特性は、図6(b)に示すように対称MZIスイッチの場合と逆になる。すなわち、入力ポート41aの入力信号光は、熱ヒータ46に電力を供給しないオフのときにスルーポート（実線）となる出力ポート42aに出力され、電力を供給するオンのときにクロスポート（破線）となる出力ポート42bに出力される。

【0007】 なお、対称MZIスイッチおよび非対称MZIスイッチでは、スルーポートに信号光が出力されるときにはクロスポートへのクロストークは小さい。逆に、クロスポートに信号光が出力されるときにはスルーポートへのクロストークは大きい。これは、2つの3dBカプラ43、44の結合比が等しくなるように作製することが困難なためである。また、製作誤差のためにクロストークが最小値にならない場合には、所定のオフセット電力を供給すればクロストークを最小にすることができる。

【0008】 ところで、一般に光通信システムでは、光空間スイッチ全体におけるクロストークとして-30dB程度が要求されている。しかし、上述した熱光学効果光スイッチはクロストークを-20dB以下にできるものの、光空間スイッチ全体ではクロストークの累積によって-15dB程度になる。すなわち、各熱光学効果光スイッチにおいてオフセット電力を微調整し、クロストークを最小にしても光空間スイッチ全体のクロストークを-30dB以下にすることは容易ではなかった。

【0009】 図7は、従来の熱光学効果光スイッチ駆動装置の構成を示す。図において、熱ヒータ46は、定電流回路の駆動トランジスタ51のオンオフによって電力の供給が制御される構成である。この駆動トランジスタ51に並列に接続されるレーザトリミング抵抗52は、レーザ光によって抵抗値が微調整された抵抗器であり、オフセット電力を供給するためのものである。すなわち、駆動トランジスタ51がオフのときに、熱ヒータ抵抗とレーザトリミング抵抗の分圧比に比例した電圧を熱ヒータ46に印加し、対応する電流を流すことによってオフセット電力を供給する。なお、駆動トランジスタ51がオンのときには、レーザトリミング抵抗52には電

流が流れない。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】ところで、光空間スイッチを構成する熱光学効果光スイッチは複数個あり、各々のオフセット電力は必ずしも同一ではない。また、各熱光学効果光スイッチの熱ヒータ抵抗値にもバラツキがある。したがって、各熱光学効果光スイッチ駆動装置は、それぞれ対応する熱光学効果光スイッチのオフセット電力の最適値と熱ヒータ抵抗値を測定し、得られたオフセット電力の最適値と熱ヒータ抵抗値に応じてレーザトリミング抵抗値を調整する必要がある。そのため、製作効率が悪く、汎用性に欠けるところがあった。

【0011】すなわち、クロストークの低減のためにレーザトリミング抵抗値を用いてオフセット電力制御を行う構成では、-30dBを下回る小さなクロストーク特性を容易に実現することが困難であった。

【0012】また、熱光学効果光スイッチがオフ状態でもレーザトリミング抵抗に電流が流れるので、光空間スイッチ全体の消費電力が大きくなる問題があった。本発明は、駆動電力オフのときにクロストークが小さい非対称MZIスイッチの特性を活かし、小さな消費電力でスイッチ全体のクロストークを低減することができる光空間スイッチを提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明は、 2×2 の熱光学効果光スイッチを複数個配列し、駆動装置から各熱光学効果光スイッチの熱ヒータに供給する駆動電力に応じてスイッチングする光空間スイッチにおいて、最終段の各熱光学効果光スイッチの出力ポートに、それぞれ非対称マッハツェンダ干渉計構成の熱光学効果光スイッチ（非対称MZIスイッチ）を接続し、駆動電力が供給されたときに入力光が出力されるクロスポートを出力ポートとして設定する。

【0014】また、駆動装置は、各熱光学効果光スイッチの駆動電力に応じた基準電圧を発生する基準電圧発生手段と、基準電圧に応じて熱ヒータに定電流を流す定電流回路とを備える。

【0015】

【作用】本発明の光空間スイッチでは、各出力ポートにゲートスイッチとして非対称MZIスイッチを配置する。そして、信号光の出力ポートに対応する非対称MZIスイッチをオンとし、他をオフとする。非対称MZIスイッチは、オフとしたとき、また所定のオフセット電力を供給したときにクロスポート側への遮断特性がよい。したがって、光空間スイッチを構成する各熱光学効果光スイッチで生じたクロストークが累積しても、出力ポート以外の非対称MZIスイッチをオフとすることによりクロストークを大幅に小さくすることができる。

【0016】なお、各熱光学効果光スイッチではクロストークの発生が許容されるので、それらにクロストーク

を低減するためのオフセット電力の供給は不要である。すなわち、オフセット電力の供給が必要なのはゲートスイッチとなる非対称MZIスイッチだけであるので、駆動装置を簡単にできるとともに消費電力を低減することができる。

【0017】また、熱光学効果光スイッチの駆動電力およびオフセット電力に応じた基準電圧を設定し、熱ヒータにその基準電圧に比例した定電流を流す構成の駆動装置を用いることにより、オフセット電力を供給するためのレーザトリミング抵抗が不要となる。

【0018】

【実施例】図1は、本発明の光空間スイッチの実施例構成を示す。ここでは、 2×16 のスイッチ構成を示す。

【0019】図において、第1ステージに1個の対称MZIスイッチSW1-1、第2ステージに2個の対称MZIスイッチSW2-1～SW2-2、第3ステージに4個の対称MZIスイッチSW3-1～SW3-4、第4ステージに8個の対称MZIスイッチSW4-1～SW4-8をツリー状に配列する。第1ステージの対称MZIスイッチSW1-1の入力ポートを光空間スイッチの入力ポート1-1、1-2とする。第4ステージの8個の対称MZIスイッチSW4-1～SW4-8の各出力ポートに、16個の非対称MZIスイッチGSW1～GSW16をゲートスイッチとして接続する。各非対称MZIスイッチGSW1～GSW16では、前段の各対称MZIスイッチSW4-1～SW4-8に接続される入力ポートに対して、クロスポートとなる出力ポートを光空間スイッチの出力ポート2-1～2-16とする。

【0020】このような構成により、入力ポート1-1または入力ポート1-2から入力された信号光は、各ステージの対称MZIスイッチSW1-1～SW4-8のオンオフ状態に応じて、16個の出力ポート2-1～2-16のいずれかに対応する非対称MZIスイッチにスイッチングされる。この非対称MZIスイッチのみをオンとし、他の非対称MZIスイッチをオフとする。

【0021】ここで、入力ポート1-1から入力された信号光を出力ポート2-1にスイッチングする場合について説明する。第1ステージの対称MZIスイッチSW1-1のみをオンとし、他の対称MZIスイッチをオフとすることにより、入力ポート1-1から入力される信号光は出力ポート4-1に対応する非対称MZIスイッチGSW1へスイッチングされる。この非対称MZIスイッチGSW1をオンとすることにより、出力ポート2-1に信号光を取り出すことができる。

【0022】ところで、対称MZIスイッチでは、オフ状態のときにスルーポート側に約-10dBのクロストークが生じる。したがって、出力ポート2-2に対応した非対称MZIスイッチGSW2には、対称MZIスイッチSW4-1から約-10dBのクロストーク信号が入力されることになる。そこで、非対称MZIスイッチGSW2

をオフとする。非対称MZ Iスイッチは、オフ状態のときにクロスポート側に生じるクロストークは-20dB以下であるので、出力ポート2-2に出力されるクロストーク信号は、対称MZ IスイッチSW4-1のクロストーク特性と合わせて-30dB以下にできる。なお、非対称MZ Iスイッチのオフ状態における遮断特性が-20dBを越える場合には、所定のオフセット電力を供給することにより、出力ポート2-2に出力されるクロストーク信号を-30dB以下にする。

【0023】また、出力ポート2-3、2-4に対応する非対称MZ IスイッチGSW3、GSW4には、対称MZ IスイッチSW3-1からのクロストーク信号が入力される。このクロストーク信号は、オフ状態の対称MZ IスイッチSW4-2を通過するので、非対称MZ IスイッチGSW3、GSW4に入力されるクロストーク信号は-10dB以下（GSW3は-20dB以下）となる。したがって、それらをオフとすることにより、出力ポート2-3、2-4に出力されるクロストーク信号を-30dB以下にできる。なお、非対称MZ IスイッチGSW3にはオフセット電力の供給は不要である。

【0024】また、出力ポート2-5~2-8に対応する非対称MZ IスイッチGSW5~GSW8には、対称MZ IスイッチSW2-1からのクロストーク信号が入力される。このクロストーク信号は、オフ状態の対称MZ IスイッチSW3-2、SW4-3、SW4-4を通過するので、非対称MZ IスイッチGSW5~GSW8に入力されるクロストーク信号は-10dB以下（GSW5~GSW7は-20dB以下）となる。したがって、それらをオフとすることにより、出力ポート2-5~2-8に出力されるクロストーク信号を-30dB以下にできる。なお、非対称MZ IスイッチGSW5~GSW7にはオフセット電力の供給は不要である。

【0025】一方、出力ポート2-9~2-16に対応する非対称MZ IスイッチGSW9~GSW16には、対称MZ IスイッチSW1-1からのクロストーク信号が入力される。対称MZ Iスイッチでは、オン状態のときにクロスポート側に生じるクロストークは-20dB以下である。したがって、非対称MZ IスイッチGSW9~GSW16に入力されるクロストーク信号は-20dB以下となり、それらをオフとすることにより出力ポート2-9~2-16に出力されるクロストーク信号を-30dB以下にできる。なお、オフセット電力の供給は不要である。

【0026】このように、入力ポート1-1から入力された信号光を出力ポート2-1に取り出す場合には、非対称MZ IスイッチGSW2~GSW16に入力されるクロストーク信号は最大でも約-10dBとなり、それらをオフとすることにより出力ポート2-2~2-16のクロストーク信号を-30dB以下にすることができる。

【0027】特に、オンとなる対称MZ Iスイッチで生じるクロストークは-20dB以下であるので、そのクロス

トーク信号が到達する非対称MZ Iスイッチでは、オフとすることでクロストークを-30dB以下にすることができる。たとえば、入力ポート1-1から入力された信号光を出力ポート2-6に取り出す場合には、対称MZ IスイッチSW1-1、SW2-1、SW3-2、SW4-3をオンとし、非対称MZ IスイッチGSW6をオンとする。このとき、非対称MZ IスイッチGSW6以外に入力されるクロストーク信号は-20dB以下であるので、それらをオフとすることでクロストークを-30dB以下にできる。

【0028】図2は、非対称MZ Iスイッチの駆動装置の実施例構成を示す。図において、46は熱ヒータであり、定電流回路11によって制御される駆動電流 I_0 が流れる。この定電流回路11は、制御回路12、メモリ13、D/A変換器14、加算器15および電圧電流変換回路16により、熱ヒータ46の抵抗値その他に影響されない定電力制御が行われる。

【0029】制御回路12は、あらかじめ熱ヒータ46のスイッチング電力値とオフセット電力値をメモリ13に記憶させる。制御回路12が非対称MZ Iスイッチをオン状態にする制御命令SW(on)を出すと、メモリ13から対応するスイッチング電力値とオフセット電力値がD/A変換器14に入力され、それぞれアナログ電圧値(V_{sw} , V_{off})に変換され、加算器15で加算されて電圧電流変換回路16に入力される。また、制御回路12が非対称MZ Iスイッチをオフ状態にする制御命令SW(off)を出すと、メモリ13から対応するオフセット電力値がD/A変換器14に入力され、アナログ電圧値(V_{off})に変換され、加算器15を介して電圧電流変換回路16に入力される。すなわち、電圧電流変換回路16には基準電圧 V_{ref} として $V_{sw} + V_{off}$ または V_{off} が与えられ、定電流回路11はそれに比例した電流 I_{ref} を流す。なお、電圧電流変換回路16と熱ヒータ46を直接接続し、基準電圧 V_{ref} に応じた電流 I_{ref} を流すようにすることも可能である。このように、非対称MZ Iスイッチのオン/オフに合わせて熱ヒータ46に最適な電流を流すことができるので、オフセット電力を供給するためのトリミング抵抗が不要となり、またその微調整も簡単に行うことができる。

【0030】ここで、定電流回路11と電圧電流変換回路16を具体的に表した構成を図3に示す。差動増幅器21は、熱ヒータ（抵抗値 R ）46による電圧降下分($V = R \cdot I_0$)と基準電圧 V_{ref} とを比較し、差分電圧を出力する。駆動トランジスタ22はこの差分電圧に応じて動作し、基準電圧 V_{ref} に応じた駆動電流 I_0 を流す。これにより、熱ヒータ46の抵抗のバラツキを補償した定電力動作が行われる。

【0031】なお、対称MZ Iスイッチにはオフセット電力を供給する必要がないので、その駆動装置ではオフセット電力値をメモリ13に記憶させる必要はなく、ま

た加算器15は不要となる。

【0032】図4は、図1の実施例の光空間スイッチに対応する駆動装置の構成例を示す。図において、対称MZIスイッチは、各ステージでオンになるのは多くても1つである。したがって、各ステージごとに1組のD/A変換器14、定電流回路（ここでは電圧電流変換回路16を含むものとする）11を備え、各対称MZIスイッチの熱ヒータ46とアナログスイッチを介して切り替えて接続する。第2ステージに対応するアナログスイッチ31は1×2構成であり、第3ステージに対応するアナログスイッチ31は1×4構成であり、第4ステージに対応するアナログスイッチ31は1×8構成である。このような構成により、回路規模を大幅に小さくすることができる。

【0033】また、非対称MZIスイッチGSW1～GSW16は、1個をオンとし、他の15個をオフとする。したがって、1組のD/A変換器14、加算器15、定電流回路11と、1×16構成のアナログスイッチで対応できる。

【0034】ただし、オフとするときにクロストークの遮断のためにオフセット電力の供給が必要な場合がある。上述した例では、入力ポート1-1の信号光を出力ポート2-1にスイッチングするときに、出力ポート2-2に対応する非対称MZIスイッチGSW2には-10dB程度のクロストーク信号が入力されるので、オフセット電力の供給が必要になる場合がある。一方、非対称MZIスイッチGSW9～GSW16に入力されるクロストークは-20dB以下になるので、これらにはオフセット電力の供給は必要ない。このようなオフセット電力の供給パターンに対応するためには、図に示すように、n組のD/A変換器14、加算器15、定電流回路11と、n×16構成のアナログスイッチ34を備える。なお、クロストークの状態と光空間スイッチに要求されるクロストーク値に応じて、nを1～16の範囲で適宜決定する。いづれにしても、回路規模を大幅に小さくすることができる。

【0035】このように、図4に示す駆動装置を用いることにより、必要最小限の構成によりスイッチング動作が可能な光空間スイッチを実現することができる。

【0036】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の光空間スイッチでは、各出力ポートにゲートスイッチとして非対称MZIスイッチを配置し、信号光の出力ポート以外の非対称MZIスイッチをオフとすることにより、クロス

トークを小さく抑えることができる。また、信号光のスイッチングを行う熱光学効果光スイッチには、クロストークを低減するためのオフセット電力の供給が不要となるので、駆動装置を簡単にできるとともに消費電力を低減することができる。

【0037】また、駆動装置にはオフセット電力を供給するためのレーザトリミング抵抗が不要となるので、製作効率、汎用性、電力制御性に優れた光空間スイッチを構成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の光空間スイッチの実施例構成を示すブロック図。

【図2】非対称MZIスイッチの駆動装置の基本構成を示すブロック図。

【図3】非対称MZIスイッチの駆動装置の実施例構成を示すブロック図。

【図4】図1の実施例の光空間スイッチに対応する駆動装置の構成例を示すブロック図。

【図5】対称MZIスイッチの基本構成およびスイッチング特性を示す図。

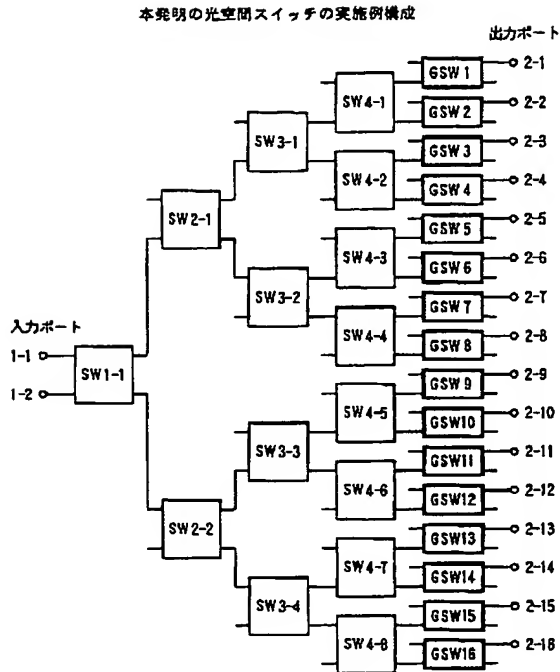
【図6】非対称MZIスイッチの基本構成およびスイッチング特性を示す図。

【図7】従来の熱光学効果光スイッチ駆動装置の構成を示す図。

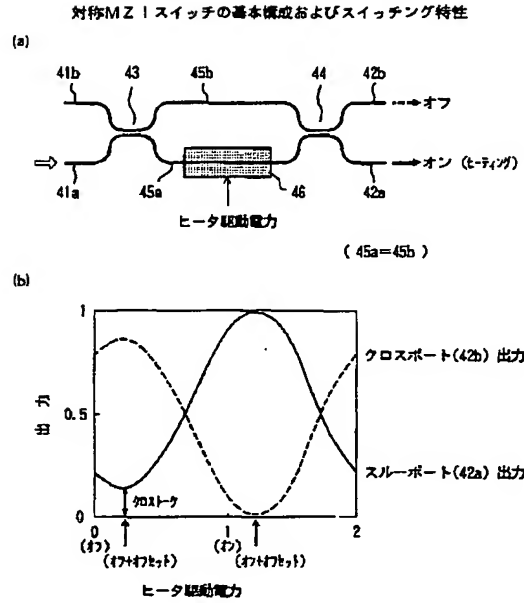
【符号の説明】

- 1 入力ポート
- 2 出力ポート
- 11 定電流回路
- 12 制御回路
- 13 メモリ
- 14 D/A変換器
- 15 加算器
- 16 電圧電流変換回路
- 21 差動増幅器
- 22 駆動トランジスタ
- 31～34 アナログスイッチ
- 41 入力ポート
- 42 出力ポート
- 43, 44 3dBカプラ
- 45 光導波路
- 46 熱ヒータ
- 51 駆動トランジスタ
- 52 レーザトリミング抵抗

【図 1】

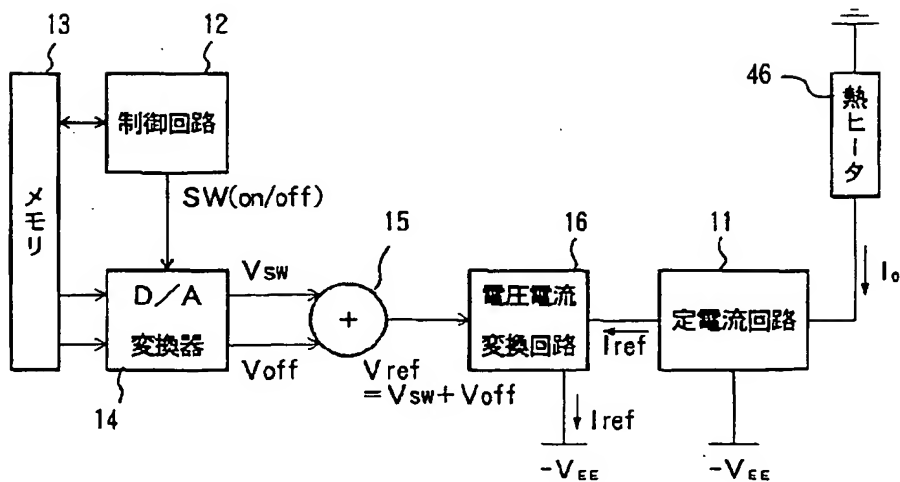


【図 5】



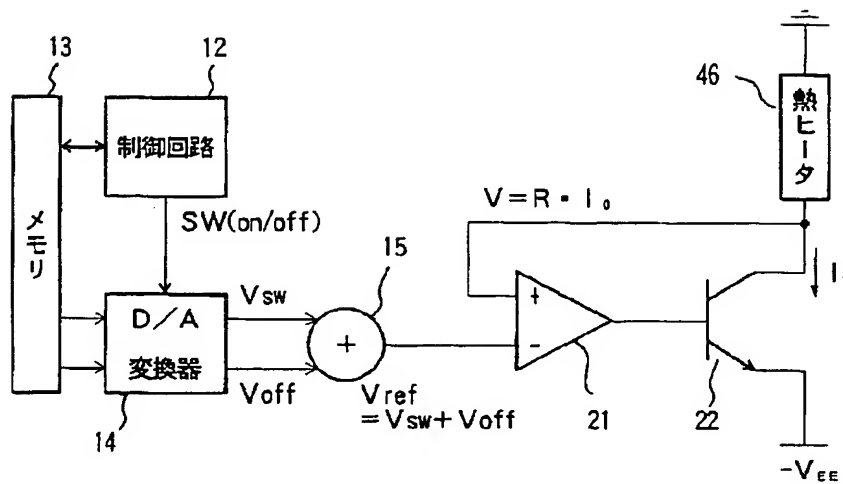
【図 2】

非対称MZIスイッチの駆動装置の基本構成



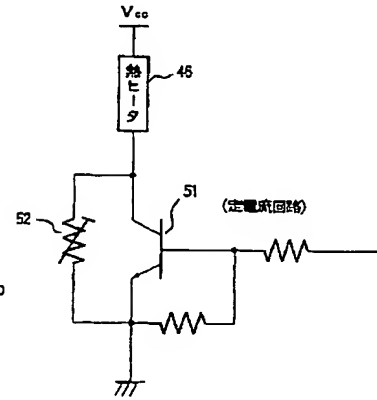
【図 3】

非対称MZIスイッチの駆動装置の実施例構成



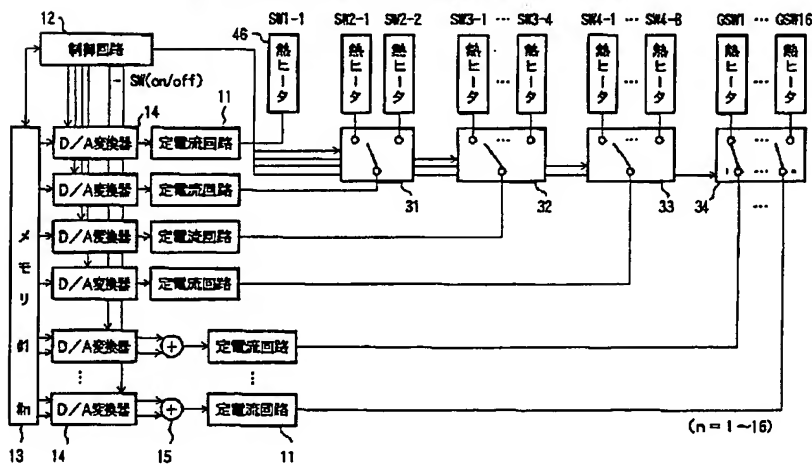
【図 7】

従来の熱光学効果光スイッチ駆動装置の構成

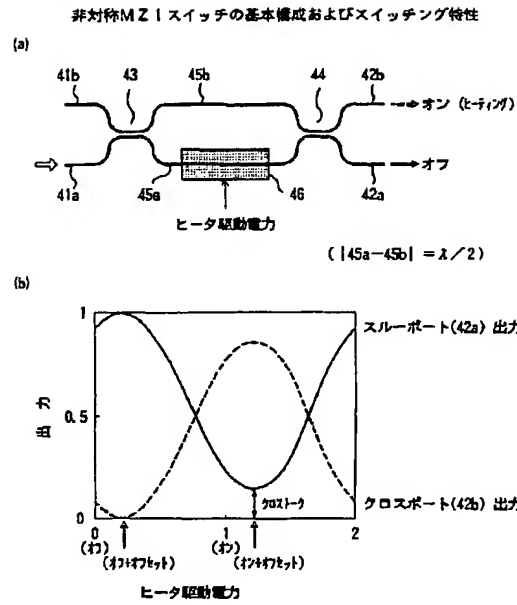


【図 4】

図 1 の実施例の光空間スイッチに対応する駆動装置の構成例



【図6】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. ⁶
H 0 4 Q 3/52

識別記号 庁内整理番号
B 9566-5G

F I

技術表示箇所

(72) 発明者 奥野 将之
東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日
本電信電話株式会社内